

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-349883

(43)Date of publication of application : 21.12.2001

(51)Int.Cl.

G01N 33/20

(21)Application number : 2000-173249

(71)Applicant : HITACHI METALS LTD

(22)Date of filing : 09.06.2000

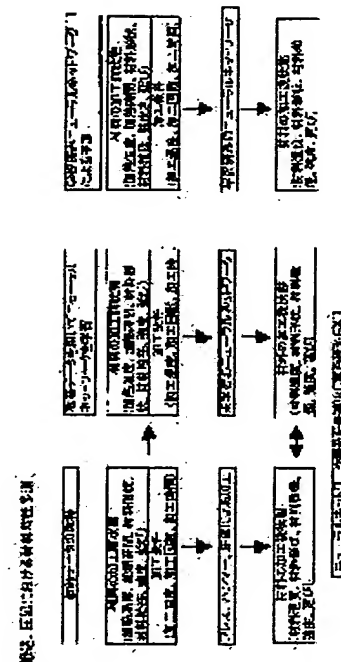
(72)Inventor : KUBOTA SATOSHI

(54) CHARACTERISTIC FORECASTING METHOD OF METAL MATERIAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a characteristic measuring method of a metal material which achieves higher forecasting accuracy.

SOLUTION: The characteristic forecasting method of metal material is used to find out the characteristics possessed by the metal material before the working thereof and those to be possessed after the working thereof is made on working conditions as presented before the working thereof for the metal material to be subjected to the working. The metal characteristics forecasting technique of the method employs a neutral network technique, which is based on learning made by it using instructor's data obtained for the metal material prepared beforehand as follows: (1) characteristics possessed by the metal material prepared; (2) working conditions set to be presented for the metal material prepared, and (3) post working characteristics possessed by the metal material prepared after the working thereof has been made on the set working conditions.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-349883
(P2001-349883A)

(43) 公開日 平成13年12月21日 (2001. 12. 21)

(51) Int.Cl.⁷
G 0 1 N 33/20

識別記号

F I
G 0 1 N 33/20

ターマコード* (参考)
G 2 G 0 5 5

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-173249 (P2000-173249)

(22) 出願日 平成12年6月9日 (2000. 6. 9)

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(72) 発明者 久保田 智

島根県安来市安来町2107番地2 日立金属
株式会社冶金研究所内

Fターム(参考) 2G055 AA01 AA12 BA14 BA16 EA04
FA10

(54) 【発明の名称】 金属材料の特性予測方法

(57) 【要約】

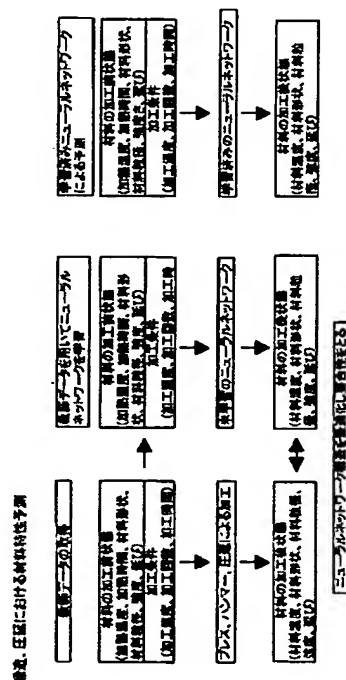
【課題】 予測精度の高い金属材料の特性予測方法を提供
する。

【解決手段】 加工に供される金属材料について、その
加工前の金属材料の有する特性と、その加工前の金属材
料に供される加工条件より、その加工後の金属材料の有
する特性を知るための金属材料の特性予測方法であつ
て、その特性予測の手法には、予め準備した金属材料に
よる以下の教師データを用いて学習させたニューラルネ
ットワークの手法を用いる金属材料の特性予測方法であ
る。

(1) 予め準備した金属材料の有する特性

(2) 前記予め準備した金属材料に供すべく設定した加
工条件

(3) 前記予め準備した金属材料を上記設定した加工条
件にて加工した後の、その加工後の金属材料の有する特
性



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 加工に供される金属材料について、その加工前の金属材料の有する特性と、その加工前の金属材料に供される加工条件より、その加工後の金属材料の有する特性を知るための金属材料の特性予測方法であって、その特性予測の手法には、予め準備した金属材料による以下の教師データを用いて学習させたニューラルネットワークの手法を用いることを特徴とする金属材料の特性予測方法。

(1) 予め準備した金属材料の有する特性

(2) 前記予め準備した金属材料に供すべく設定した加工条件

(3) 前記予め準備した金属材料を上記設定した加工条件にて加工した後の、その加工後の金属材料の有する特性

【請求項 2】 熱処理に供される金属材料について、その熱処理前の金属材料の有する特性と、その熱処理前の金属材料に供される熱処理条件より、その熱処理後の金属材料の有する特性を知るための金属材料の特性予測方法であって、その特性予測の手法には、予め準備した金属材料による以下の教師データを用いて学習させたニューラルネットワークの手法を用いることを特徴とする金属材料の特性予測方法。

(1) 予め準備した金属材料の有する特性

(2) 前記予め準備した金属材料に供すべく設定した熱処理条件

(3) 前記予め準備した金属材料を上記設定した熱処理条件にて熱処理した後の、その熱処理後の金属材料の有する特性

【請求項 3】 加工かつ熱処理に供される金属材料について、その加工前かつ熱処理前の金属材料の有する特性と、その加工前かつ熱処理前の金属材料に供される加工条件および熱処理条件より、その加工後かつ熱処理後の金属材料の有する特性を知るための金属材料の特性予測方法であって、その特性予測の手法には、予め準備した金属材料による以下の教師データを用いて学習させたニューラルネットワークの手法を用いることを特徴とする金属材料の特性予測方法。

(1) 予め準備した金属材料の有する特性

(2) 前記予め準備した金属材料に供すべく設定した加工条件および熱処理条件

(3) 前記予め準備した金属材料を上記設定した加工条件および熱処理条件にて加工かつ熱処理した後の、その加工後かつ熱処理後の金属材料の有する特性

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、加工や熱処理に供される金属材料について、その金属材料の加工後や熱処理後の特性を予測する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、金属材料の特性予測は、鍛造、圧延等の加工により塑性変形した材料の温度、ひずみ変化を、すべり線場法、上解法、下解法、差分法、有限要素法、境界要素法、個別要素法などを用いて解析し、特定のまたは複合的に、静的粒成長モデル、動的再結晶モデル、準動的再結晶モデル、静的再結晶モデル、強度予測モデル等を採用し、それぞれの理論より導かれる予測式を用いて求めていた。さらに、これら予測式内のパラメータ的定数項を実測値と合うように調整することで、ある程度の予測精度を達成していた。

【0003】 現在、上記の方法を使って計算値として得られた温度、ひずみ変化と同等な加工を施すことで、機械制御による被加工材の特性制御方法が提案されている。この提案はリアルタイムに特性予測をしながら、加工条件を決定できるという点で優れたものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述した金属材料の特性予測方法は、ある簡便なモデルから導かれる予測式を用いるもので、計算に要する時間が短い点では有利であるものの、被加工材がもつ特性や実際に行われる加工条件が、仮定したモデル内に納まらない場合は、予測精度の点で限界があるという問題があった。つまり、予測精度が低い場合、最適加工条件を決定するための評価対象として、予測結果を取上げることが出来ない。

【0005】 本発明の目的は、上記加工に加え、供される熱処理までをも考慮して、その予測精度限界の問題を解決し、さらにその先の、金属材料の特性予測の基盤となる技術を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明者は、上記予測精度限界の問題を検討し、ニューラルネットワークの手法を採用することで予測精度を大きく改善できることを見だし本発明に到達した。

【0007】 すなわち、本発明の第 1 発明は、加工に供される金属材料について、その加工前の金属材料の有する特性と、その加工前の金属材料に供される加工条件より、その加工後の金属材料の有する特性を知るための金属材料の特性予測方法であって、その特性予測の手法には、予め準備した金属材料による以下の教師データを用いて学習させたニューラルネットワークの手法を用いることを特徴とする金属材料の特性予測方法である。

(1) 予め準備した金属材料の有する特性

(2) 前記予め準備した金属材料に供すべく設定した加工条件

(3) 前記予め準備した金属材料を上記設定した加工条件にて加工した後の、その加工後の金属材料の有する特性

【0008】 そして、本発明の第 2 発明は、熱処理に供される金属材料について、その熱処理前の金属材料の有する特性と、その熱処理前の金属材料に供される熱処理

条件より、その熱処理後の金属材料の有する特性を知るための金属材料の特性予測方法であって、その特性予測の手法には、予め準備した金属材料による以下の教師データを用いて学習させたニューラルネットワークの手法を用いることを特徴とする金属材料の特性予測方法である。

(1) 予め準備した金属材料の有する特性

(2) 前記予め準備した金属材料に供すべく設定した熱処理条件

(3) 前記予め準備した金属材料を上記設定した熱処理条件にて熱処理した後の、その熱処理後の金属材料の有する特性

【0009】そして、本発明の第3発明は、加工かつ熱処理に供される金属材料について、その加工前かつ熱処理前の金属材料の有する特性と、その加工前かつ熱処理前の金属材料に供される加工条件および熱処理条件より、その加工後かつ熱処理後の金属材料の有する特性を知るための金属材料の特性予測方法であって、その特性予測の手法には、予め準備した金属材料による以下の教師データを用いて学習させたニューラルネットワークの手法を用いることを特徴とする金属材料の特性予測方法である。

(1) 予め準備した金属材料の有する特性

(2) 前記予め準備した金属材料に供すべく設定した加工条件および熱処理条件

(3) 前記予め準備した金属材料を上記設定した加工条件および熱処理条件にて加工かつ熱処理した後の、その加工後かつ熱処理後の金属材料の有する特性

【0010】

【発明の実施の形態】本発明の重要な特徴は、金属組織の様々な非線形的振舞いをニューラルネットワークの手法を用いて再現、予測するという点にある。つまり、加工や熱処理にて変化する金属材料の特性は、その加工条件、そして熱処理条件も絡むことで、非常に複雑かつ様々な非線形的振舞いを示す。主に鋼といった合金材料ともなると、その加工条件や熱処理条件に依る組織変態という挙動もあり、少しの加工条件や熱処理条件の差によってもその現れる特性の変化は大きいものである。

【0011】そこで、本発明者は、上記挙動を呈する金属材料の特性予測方法について、その挙動予測に最適な手法を検討したところ、ニューラルネットワークの手法を取入れることが最適であることを知見した。

【0012】ニューラルネットワークとは、非線形現象を近似する方法であり、生物の神経回路動作をコンピュータアルゴリズムとしてモデル化したものである。つまり、生物の神経回路が学習によって原因と結果の相関を繋ぐように、教師データと呼ばれる入力値と出力値をニューラルネットワークに学習させることで、最適近似解を導く学習済みのニューラルネットワーク、つまり原因と結果の相関関係を得ることが出来るものである。

10

20

30

40

50

【0013】以下、本発明を具体的に説明する。まず、加工に供される金属材料の、その加工後の特性を予測する場合、それに応じたニューラルネットワークの構築

(学習)を行なう。その学習のための教師データを得るために、(1) 予め準備した金属材料の有する特性を調べ、(2) 前記予め準備した金属材料に供すべく設定した加工条件で加工し、(3) 上記加工条件にて加工した後の、その加工後の金属材料の有する特性を調べる。これら手順で得られた教師データ(加工条件および加工前後の金属材料の特性)は、金属材料の加工前特性と加工後特性の相関関係をあらわすものであり、これをニューラルネットワークの学習に用いる。

【0014】そして、上記学習済みのニューラルネットワークを使い、加工後の金属材料の特性を実際に予測するには、(1) 加工後の特性を知りたい対象となる金属材料が有する特性を調べ、(2) その供する加工条件を設定し、(3) 上記金属材料の特性と設定した加工条件を、学習済みのニューラルネットワークへ入力値として代入することで、上記金属材料を上記設定した加工条件にて加工した後の、その加工後の金属材料の有する特性を出力値として予測、得ることが出来る。

【0015】なお、金属材料の特性とは、その材料形状、材料寸法、組織(結晶粒径、析出物など)、ポアソン比、熱伝導率、比熱、熱膨張率、強度、耐力、延び、ヤング率といった機械的特性など、その材料自身が有する外内面的な性質のことであり、予測したい特性種や数に応じて、上記そして他の特性群の中から必要なものを、教師データ等に用いることとなる。

【0016】また、加工条件とは、その加工開始温度、加工終了温度、加工時間、加工回数、加工時に与える材料へのひずみ、そして加工前、加工後の材料形状に加え、加工中の材料温度変化、形状変化などであり、予測したい金属材料の特性種や数に応じて、上記そして他の加工条件群の中から必要なものを、教師データ等に用いることとなる。

【0017】次に、熱処理に供される金属材料の、その熱処理後の特性を予測する場合について述べておく。それに応じたニューラルネットワークの構築(学習)を行なうための教師データを得るために、(1) 予め準備した金属材料の有する特性を調べ、(2) 前記予め準備した金属材料に供すべく設定した熱処理条件で熱処理し、(3) 上記熱処理条件にて熱処理した後の、その熱処理後の金属材料の有する特性を調べる。これら手順で得られた教師データ(熱処理条件および熱処理前後の金属材料の特性)は、金属材料の熱処理前特性と熱処理後特性の相関関係をあらわすものであり、これをニューラルネットワークの学習に用いる。

【0018】そして、上記学習済みのニューラルネットワークを使い、熱処理後の金属材料の特性を予測するには、(1) 熱処理後の特性を知りたい対象となる金属材

料が有する特性を調べ、(2) その供する熱処理条件を設定し、(3) 上記金属材料の特性と設定した熱処理条件を、学習済みのニューラルネットワークへ入力値として代入することで、上記金属材料を上記設定した熱処理条件にて熱処理した後の、その熱処理後の金属材料の有する特性を出力値として予測、得ることが出来る。

【0019】なお、熱処理条件とは、その熱処理開始温度、熱処理終了温度、熱処理時間、加熱方法、冷却方法、加熱速度、冷却速度、そして温度－保持時間の相関データといったものであり、予測したい金属材料の特性種や数に応じて、上記そして他の熱処理条件群の中から必要なものを、教師データ等に用いることとなる。

【0020】また、本発明においては、加工と熱処理を共に行なった場合の、その金属材料の特性を予測するにも有効である。すなわち、加工または熱処理の工程のみを施した場合の、その工程前後での特性関係に加え、例えば加工から始めて次に熱処理を行なう工程の場合の、そして、熱処理から始めて次に加工を行なう工程の場合の、その工程前後での特性関係においても適用できる。加工－熱処理－加工、熱処理－加工－熱処理といった無数の工程パターンにも対応できるのであって、その組み合わせや回数に制限されず、その工程前の金属材料の特性とその工程条件にて工程後の金属材料の特性が予測可能である。

【0021】この場合であれば、まず、それに応じたニューラルネットワークの構築(学習)を行なうための教師データを得るために、(1) 予め準備した金属材料の有する特性を調べ、(2) 前記予め準備した金属材料に供すべく設定した加工および熱処理条件(工程条件)で加工かつ熱処理し、(3) 上記工程条件にて加工かつ熱処理した後の、その工程後の金属材料の有する特性を調べる。これら手順で得られた教師データ(加工－熱処理工程条件および工程前後の金属材料の特性)は、金属材料の工程前特性と工程後特性の相関関係をあらわすものであり、これをニューラルネットワークの学習に用いる。

【0022】そして、上記学習済みのニューラルネットワークを使い、所定の加工－熱処理工程パターンでのその工程後の金属材料の特性を予測するには、(1) 上記工程後の特性を知りたい対象となる金属材料が有する特性を調べ、(2) その供する加工条件および熱処理条件を設定し、(3) 上記金属材料の特性と設定した加工・熱処理条件を、学習済みのニューラルネットワークへ入力値として代入することで、上記金属材料を上記設定した工程条件にて加工・熱処理した後の、その工程後の金

属材料の有する特性を出力値として予測、得ることが出来る。

【0023】本発明の一例を示しておく。例えば図1は、熱間加工後の金属材料の材料温度、材料形状、結晶粒径、強度、伸びを予測するための流れを示すものである。この場合のニューラルネットワーク学習のための教師データは、予測したい特性に応じて、熱間加工前後の金属材料の材料温度(熱間加工のための材料加熱温度および加熱時間)、材料形状、結晶粒径、強度、伸び、そして熱間加工条件として、その加工温度、加工回数、加工時間を選定した上で、予め準備した金属材料を所定の設定条件で加工し、得るものである(図1:左列)。

【0024】これら教師データによるニューラルネットワークの学習終了後(図1:中列)、それを用いて、教師データとは別条件での特性予測を行い(図1:右列)、その得られた予測特性と、同条件下にて実際に加工して得られた実測データとを比較する。この時点で目標予測精度が得られない場合は、同実測データを教師データとして追加し、特性予測システムに再学習させる。この過程を何度か繰返すことで、目標とした予測精度が達成でき、この熱間加工工程のエキスパートシステムが構築できる。

【0025】また同様に、熱処理後の金属材料の特性予測においても、事前に得た熱処理試験データを教師データとしてエキスパートシステムへ取り入れることにより、予測精度に優れた熱処理特性予測システムの構築が可能である(図2)。そして、加工に続いて熱処理を行なうような工程含め(図3)、無数の工程パターンにも対応した特性予測システムの構築が可能である。

【0026】本発明の予測方法は、従来方法よりも予測精度が高いので、要求される特性を得るための加工・熱処理工程の最適化に有効である。そして、パフォーマンス(予測計算速度)も高いので、鍛造、圧延、熱処理等の実機設備にフィードバック、フィードフォワード機能として取り入れることが可能である。

【0027】

【発明の効果】本発明によれば金属材料の特性予測精度を飛躍的に改善することができるので、目標とする品質を得るために繰返されてきた試行回数を低減するのに欠くことの出来ない技術となる。本発明の工業的価値は高い。

【図面の簡単な説明】

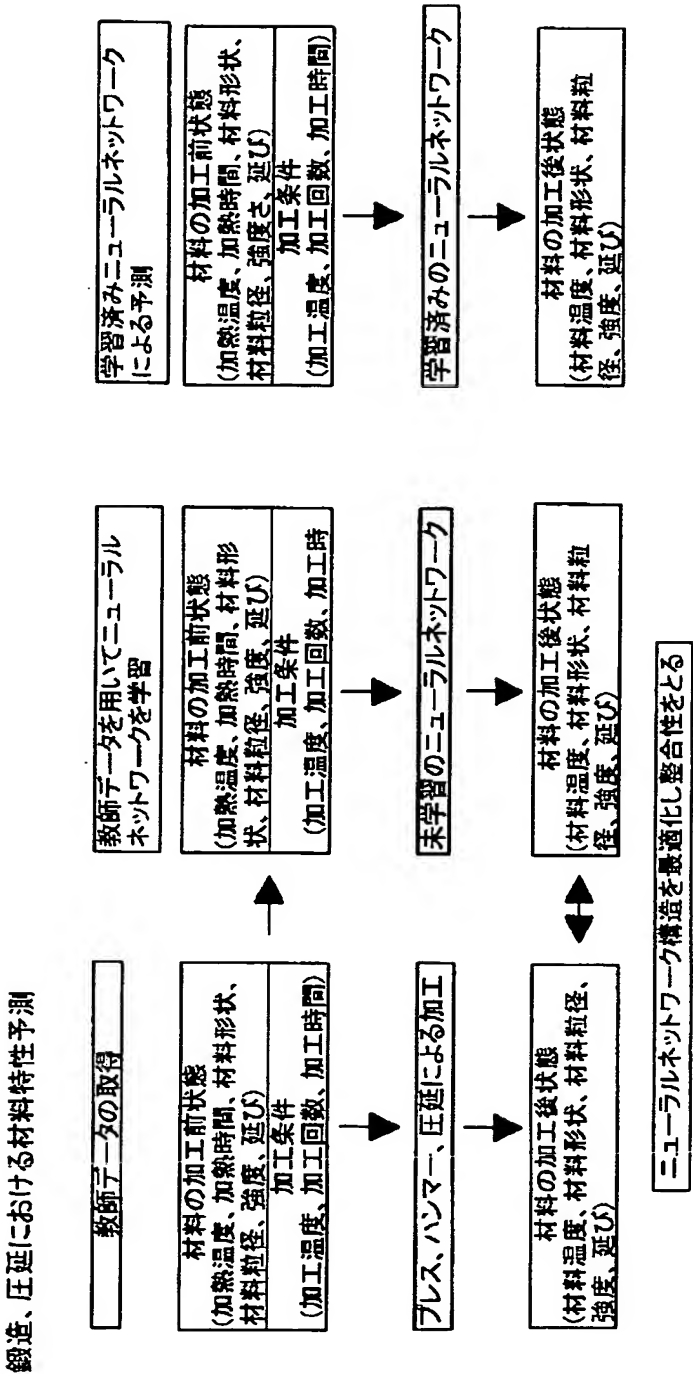
【図1】本発明の一例を示す構成図である。

【図2】本発明の一例を示す構成図である。

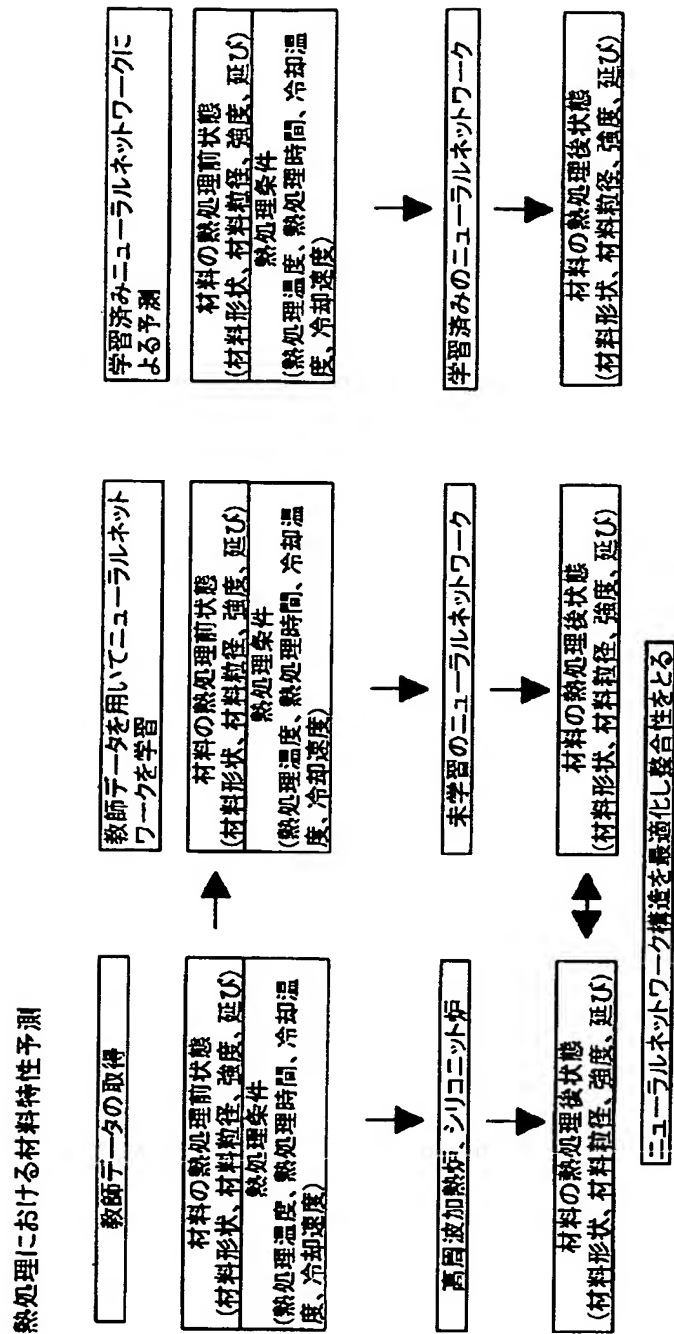
【図3】本発明の一例を示す構成図である。

(5)

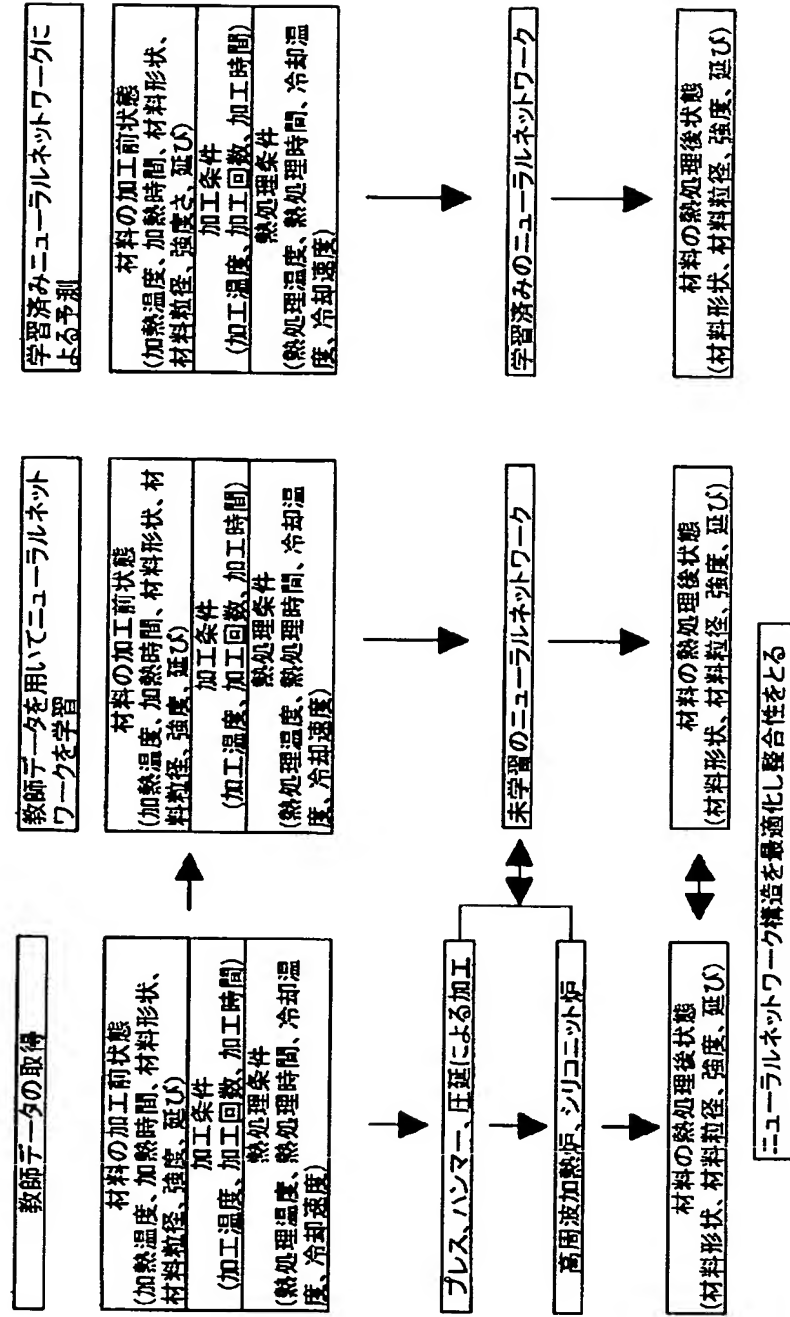
【図 1】



【図 2】



鍛造、圧延－熱処理工程における材料特性予測



【図3】